

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2002-055090  
 (43) Date of publication of application : 20.02.2002

(51) Int. Cl. G01N 29/18  
 E02D 1/02  
 G01V 1/30

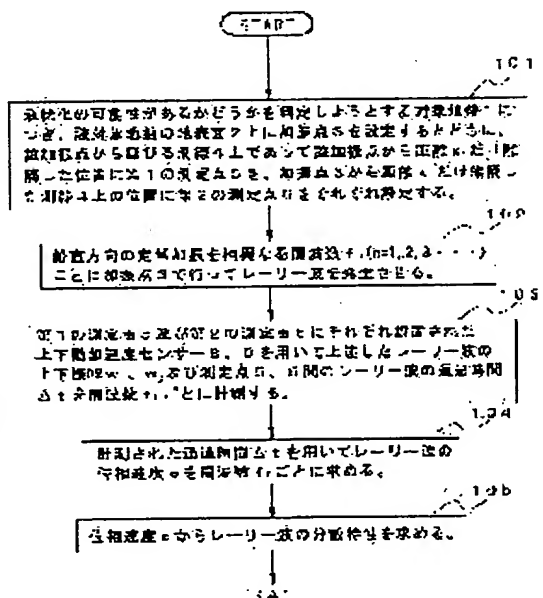
(21) Application number : 2000-241648 (71) Applicant : OHBAYASHI CORP  
 (22) Date of filing : 09.08.2000 (72) Inventor : MAEJIMA DAIGO  
 GOTO YOZO  
 EJIRI JIYOUJI

## (54) LIQUEFACTION DETERMINING METHOD

## (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To properly predict liquefaction corresponding to the properties of soil, even if boring is not performed.

SOLUTION: In a liquefaction determining method, at first, vertical steady excitation is conducted at the excitation point 3 set on the surface 2 of the target ground 1, to generate Rayleigh waves and the vertical amplitude of the Rayleigh waves and the passing time  $\Delta t$  thereof are measured at measuring points 5 and 6 at each frequency. Next, a measured passing time  $\Delta t$  is used to calculate the phase velocity (c) of the Rayleigh waves at every frequency to calculate dispersion characteristics and the S-wave velocity structure of the target ground 1 is determined from a dispersion curve (104-106). Next, the S-wave velocity structure is used to specify a target layer, and the phase velocity (c) and the corresponding frequency (f) are calculated in the target layer and the up and down amplitude (w) and phase velocity (c) of the S-wave velocity structure corresponding to the frequency (f) are used to calculate the internal attenuation (h) of the target layer by a predetermined calculation formula (107-109). Next, the calculated internal attenuation (h) is used to estimate the properties of soil of the target layer, and the need for determining liquefaction is judged (110).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
 decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
 other than the examiner's decision of  
 rejection or application converted]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-55090  
(P2002-55090A)

(43) 公開日 平成14年2月20日 (2002.2.20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 1 N 29/18		G 0 1 N 29/18	2 D 0 4 3
E 0 2 D 1/02		E 0 2 D 1/02	2 G 0 4 7
G 0 1 V 1/30		G 0 1 V 1/30	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-241648 (P2000-241648)

(22) 出願日 平成12年8月9日 (2000.8.9)

(71) 出願人 00000549

株式会社大林組

大阪府大阪市中央区北浜東4番33号

(72) 発明者 前島 大吾

東京都清瀬市下清戸4丁目640 株式会社

大林組技術研究所内

(72) 発明者 後藤 洋三

東京都清瀬市下清戸4丁目640 株式会社

大林組技術研究所内

(74) 代理人 100099704

弁理士 久寶 聡博

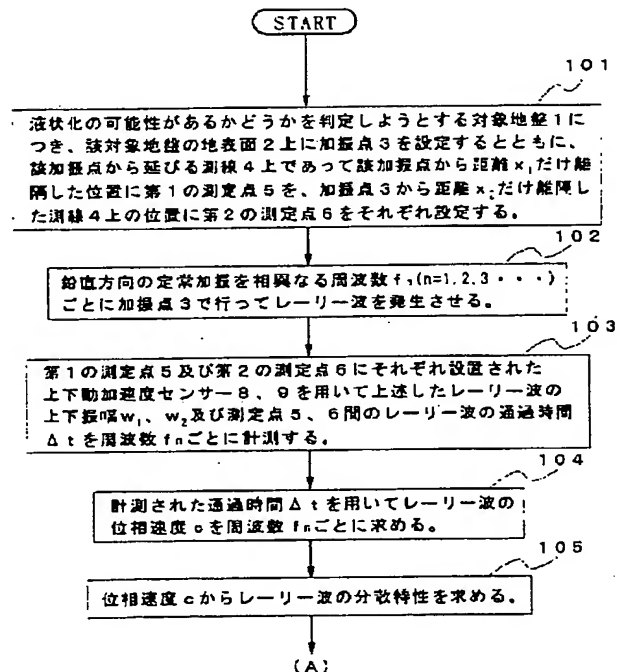
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液状化判定方法

(57) 【要約】

【目的】 ボーリングを行わずとも土質性状に応じた適切な液状化予測を行う。

【構成】 本発明に係る液状化判定方法においては、まず、対象地盤1の地表面2上に設定された加振点3で鉛直方向定常加振を行ってレーリー波を発生させ、該レーリー波の上下振幅及びレーリー波の通過時間 $\Delta t$ を周波数ごとに測定点5、6で計測する。次に、計測された通過時間 $\Delta t$ を用いてレーリー波の位相速度 $c$ を周波数ごとに求めて分散特性を求め、かかる分散曲線から対象地盤1のS波速度構造を決定する(104~106)。次に、S波速度構造を用いて対象層を特定し、該対象層での位相速度 $c$ 及び対応する周波数 $f$ を求め、周波数 $f$ に対応するレーリー波の上下振幅 $w$ 及び位相速度 $c$ を用いて対象層の内部減衰 $h$ を所定の算出式によって算出する(107~109)。次に、算出された内部減衰 $h$ を用いて対象層の土質性状を推定し、液状化判定の必要性を判断する(110)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象地盤の地表面上に設定された所定の加振点から延びる測線上であって該加振点から距離 $x_1$ だけ離隔した位置に第1の測定点を、前記加振点から距離 $x_2$ だけ離隔した前記測線上の位置に第2の測定点をそれぞれ設定し、

鉛直方向の定常加振を相異なる周波数 $f_n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ )ごとに前記加振点で行ってレーリー波を発生させ、前記第1の測定点及び前記第2の測定点での前記レーリー波の上下振幅 $w_1$ 、 $w_2$ 及び前記測定点間のレーリー波の通過時間 $\Delta t$ を前記周波数 $f_n$ ごとに計測するとともに計測された通過時間 $\Delta t$ を用いてレーリー波の位相速度 $c$ を前記周波数 $f_n$ ごとに求め、前記位相速度 $c$ からレーリー波の分散特性を求めるとともに該分散特性から前記対象地盤のS波速度構造を決定し、

決定された前記S波速度構造を用いて液状化判定の必要性を判断する対象層を特定し、該対象層での位相速度 $c_0$ 及び対応する周波数 $f_0$ を前記分散特性を用いて求め、

前記周波数 $f_0$ に対応するレーリー波の上下振幅 $w_1$ 、 $w_2$ 及び前記位相速度 $c_0$ から前記対象層の内部減衰 $h_0$ を
$$(w_2/w_1) = (x_2/x_1)^{-0.5} \cdot \exp(-h_0 \cdot 2\pi f_0 (x_2 - x_1)/c_0)$$
によって算出し、

算出された内部減衰 $h_0$ を用いて前記対象層の土質性状を推定し液状化判定の必要性を判断することを特徴とする液状化判定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、対象地盤に対して液状化判定の必要性を判断するための液状化判定方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】地震による被害として、構造物自体の耐震性に起因する被害のほか、該構造物を支持する基礎や地盤に起因する被害があることはよく知られているところであり、特に、地盤震動によって土がせん断強さを失い、その結果、地盤があたかも液体のような挙動を示すいわゆる液状化は、構造物全体が転倒して大きな被害を招くおそれが多い。そのため、液状化が生じるメカニズムや液状化が生じやすい地盤特性等に関し、従来から多くの研究が積み重ねられてきた。

【0003】水平に堆積した飽和地盤が地震時に液状化するかどうかを判定する比較的簡易な手法としては、既往の地震による液状化事例を集積しこれを液状化判定の基準とする方法が知られており、かかる方法においては、修正されたN値と繰返し応力比（地震時に地盤内に発生するせん断応力/初期有効上載圧）との関係によって液状化可能性を判定する。

【0004】ところが、かかる方法は、N値を求めるためにボーリングを行うことが前提となるため、結論を出すまでに多大な時間を要することもあり、液状化の危険性を広範囲にかつ迅速に判定しなければならない状況においては必ずしも最適な方法であるとは言い難い。

【0005】かかる状況下、最近では、地表面を伝播するレーリー波を分析することによって液状化危険性を予測する方法が提案されている。すなわち、かかるレーリー波による液状化判定方法においては、まず、地表面に設置された起振機を鉛直方向に所定の周波数 $f$ で定常加振させることでレーリー波を発生させ、かかるレーリー波を相異なる二点で計測することによって周波数 $f$ に対応する位相速度 $c$ を求め、かかる周波数 $f$ と位相速度 $c$ との関係を分散曲線として作成する。なお、地盤が層構造を有する場合には、レーリー波は、周期によって速度が異なる性質があり、これをレーリー波の分散性と呼んでいる。

【0006】次に、計測によって求められた分散曲線に一致するような地盤のS波速度構造を弾性波動論に基づく逆解析によって求める。

【0007】次に、逆解析によって求められたS波速度 $V_s$ から弾性せん断剛性 $G$ を求めるとともに、かかる弾性せん断剛性 $G$ から砂の種類や拘束圧の影響を取り除いた正規化せん断剛性 $G_n$ を各深度ごとに算出し、次いで、該正規化せん断剛性 $G_n$ に基づいて液状化強度を求める。ここで、S波速度 $V_s$ あるいは正規化せん断剛性 $G_n$ と液状化強度との間には良好な相関関係があることがわかっており、したがって、多数の液状化試験を行うことで正規化せん断剛性 $G_n$ と液状化強度との間を予め関係付けておくことにより、正規化せん断剛性 $G_n$ に対応する液状化強度を容易に求めることができる。

【0008】一方、想定される地震動に対応する地震時せん断応力比を求め、これを上述の液状化強度と比較することで液状化の危険性を予測する。

【0009】以上述べたレーリー波による液状化危険度予測方法によれば、ボーリングを行わずとも液状化の可能性を判定することができるため、今後の研究の進展が期待されている。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、かかる方法では、液状化の危険度を予測する際、S波速度 $V_s$ のみが地盤性状として考慮され、他の地盤性状、特に、砂質土であるか粘性土であるかといった土質性状については全く考慮されないという問題を生じていた。

【0011】すなわち、上述の方法は、周辺のボーリングや被害記録などから対象地盤が液状化を起こしやすい緩い砂質土であることがわかっている場合に適用されるものであるため、土質性状が未知の場所にそのまま適用すると、例えば液状化が起こりにくい粘性土であっても、S波速度 $V_s$ の大きさによっては液状化危険度が高

いという誤った予測がなされる懸念がある。

【0012】本発明は、上述した事情を考慮してなされたもので、ボーリングを行わずとも土質性状に応じた適切な液状化予測を行うことが可能な液状化判定方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明に係る液状化判定方法は請求項1に記載したように、対象地盤の地表面上に設定された所定の加振点から延びる測線上であって該加振点から距離 $x_1$ だけ離隔した位置に第1の測定点を、前記加振点から距離 $x_2$ だけ離隔した前記測線上の位置に第2の測定点をそれぞれ設定し、鉛直方向の定常加振を相異なる周波数 $f_n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ )ごとに前記加振点で行ってレーリー波を発生させ、前記第1の測定点及び前記第2の測定点での前記レーリー波の上下振幅 $w_1$ 、 $w_2$ 及び前記測定点間のレーリー波の通過時間 $\Delta t$ を前記周波数 $f_n$ ごとに計測するとともに計測された通過時間 $\Delta t$ を用いてレーリー波の位相速度 $c$ を前記周波数 $f_n$ ごとに求め、前記位相速度 $c$ からレーリー波の分散特性を求めるとともに該分散特性から前記対象地盤のS波速度構造を決定し、決定された前記S波速度構造を用いて液状化判定の必要性を判断する対象層を特定し、該対象層での位相速度 $c_0$ 及び対応する周波数 $f_0$ を前記分散特性を用いて求め、前記周波数 $f_0$ に対応するレーリー波の上下振幅 $w_1$ 、 $w_2$ 及び前記位相速度 $c_0$ から前記対象層の内部減衰 $h_0$ を

$$\text{【0014】 } (w_2/w_1) = (x_2/x_1)^{-0.5} \cdot \exp(-h_0 2\pi f_0 (x_2 - x_1)/c_0)$$

【0015】によって算出し、算出された内部減衰 $h_0$ を用いて前記対象層の土質性状を推定し液状化判定の必要性を判断するものである。

【0016】本発明に係る液状化判定方法においては、まず、液状化の可能性があるかどうかを判定しようとする対象地盤につき、該対象地盤の地表面上に所定の加振点を設定するとともに、該加振点から延びる測線上であって該加振点から距離 $x_1$ だけ離隔した位置に第1の測定点を、前記加振点から距離 $x_2$ だけ離隔した前記測線上の位置( $x_2 > x_1$ )に第2の測定点をそれぞれ設定する。

【0017】次に、鉛直方向の定常加振を相異なる周波数 $f_n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ )ごとに上述した加振点で行ってレーリー波を発生させる。

【0018】次に、第1の測定点及び第2の測定点に設置された上下動計測手段、例えば上下動加速度センサーを用いて上述したレーリー波の上下振幅 $w_1$ 、 $w_2$ 及び測定点間のレーリー波の通過時間 $\Delta t$ を周波数 $f_n$ ごとに計測する。

【0019】測定点間のレーリー波の通過時間 $\Delta t$ については、第1の測定点及び第2の測定点で計測されたレーリー波の上下振幅 $w_1$ 、 $w_2$ の位相差 $\phi$ から求めればよ

い。

【0020】次に、計測された通過時間 $\Delta t$ を用いてレーリー波の位相速度 $c$ を周波数 $f_n$ ごとに求める。レーリー波は、表面波の一種であって理想的な均質地盤である場合には速度が一定となるが、地盤が層構造になっている場合には、周波数ごとに伝播速度が異なり、これをレーリー波の分散性と呼ぶ。

【0021】次に、位相速度 $c$ からレーリー波の分散特性を求めるとともに該分散特性から対象地盤のS波速度構造を決定する。レーリー波の分散特性は、周波数 $f_n$ とそれに対応する位相速度 $c$ とを、位相速度一波長の関係で表された分散曲線として表現することが可能であり、S波速度構造を決定するにあたっては、かかる分散曲線に一致するように弾性波動論に基づく逆解析によって求めることができる。

【0022】次に、決定されたS波速度構造を用いて液状化判定の必要性を判断する対象層を特定する。対象層を特定するにあたっては、例えばS波速度が一定値を超えるような層においては、土質性状に関わりなく液状化が生じる可能性が低く、それゆえ対象層から除外し、S波速度が一定値を下回る層だけをとりあえず液状化が生じる可能性が高いと仮定して対象層に含めることが考えられる。

【0023】次に、対象層での位相速度 $c_0$ 及び対応する周波数 $f_0$ を上述した分散特性を用いて求める。対象層での位相速度 $c_0$ 及び対応する周波数 $f_0$ を求めるにあたっては、やはり弾性波動論から導かれるS波速度とレーリー波との関係を用いて対象層のS波速度から位相速度 $c_0$ を求め、次いで、該位相速度に対応する周波数 $f_0$ を上述した分散特性から求めればよい。

【0024】次に、周波数 $f_0$ に対応するレーリー波の上下振幅 $w_1$ 、 $w_2$ 及び位相速度 $c_0$ を用いて対象層の内部減衰 $h_0$ を算出式

$$\text{【0025】 } (w_2/w_1) = (x_2/x_1)^{-0.5} \cdot \exp(-h_0 2\pi f_0 (x_2 - x_1)/c_0)$$

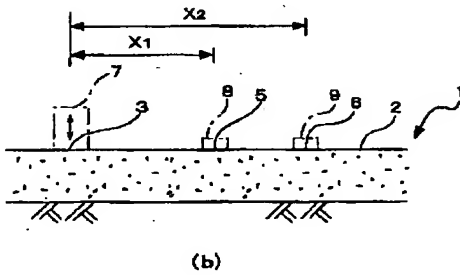
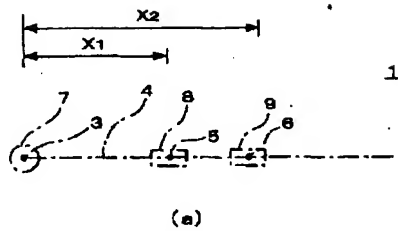
【0026】によって算出する。

【0027】次に、算出された内部減衰 $h_0$ を用いて対象層の土質性状を推定し、液状化判定の必要性を判断する。液状化判定の必要性を判断するにあたっては、例えば、算出された内部減衰 $h_0$ が一定値を上回る場合には、対象層は粘土で構成されていると推定し、かかる推定に基づいて液状化判定の必要はないと判断し、内部減衰 $h_0$ が一定値以下の場合には、対象層は砂質土で構成されていると推定し、かかる推定に基づいて液状化判定の必要があると判断することが考えられる。

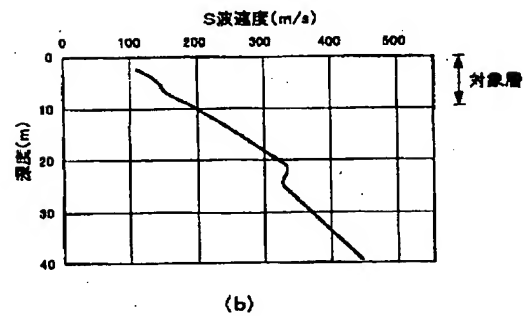
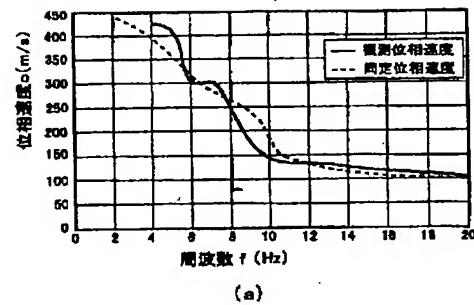
【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る液状化判定方法の実施の形態について、添付図面を参照して説明する。なお、従来技術と実質的に同一の部品等については同一の符号を付してその説明を省略する。

【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 江尻 譲嗣  
東京都清瀬市下清戸4丁目640 株式会社  
大林組技術研究所内

Fターム(参考) 2D043 AA09 AB07 AC01  
2G047 AA10 BC02 BC03 GF21